

气象—经济决策理论在大风浪中 船舶航线选择中的应用

大连海事大学航海学院 刘大刚 吴兆麟
营口海事局 李国平

【内容提要】此文介绍了气象—经济决策理论的基本原理,提出了一种使用气象—经济决策理论对大风浪中航线进行优化选择的方法,并相应地提出了所需各种数据的获取方法。通过对一艘在冬季大风浪中穿越黄海中部的客滚集装箱班轮的实例计算分析,说明此方法具有一定的理论意义和使用价值,可为船舶管理人员学习使用气象—经济决策理论,提高船舶运营的经济效益提供参考。

关键词:气象—经济决策理论 损失矩阵 共轭矩阵 大风浪航行

Application of Meteorological-Economic Decision Making Theory on Route Choosing for Navigating Ships on Heavy Sea

Abstract: Meteorological-Economic decision making theory is introduced. A method of choosing the lowest cost route in heavy sea using meteorological-economic decision making theory has been put forward, as well as the methods of getting the necessary data. An example of a Ro/Ro passengers/Cargo liner crossing central Huanghai Sea in winter has been calculated, which indicating that this method has certain theoretical meaning and useful value, and can be an important reference for the ship authorities learning to use meteorological-economical decision-making theory so as to increase the economic benefit of management.

Key Words: meteorological-economical decision making loss matrix conjugate matrix navigating on heavy sea

0 引言

当气象部门预告船舶未来航线上将出现大风浪时,船舶驾驶人员及船舶的主管部门就面临选择未来船舶航行方案的问题。若考虑大风浪不足以对船舶带来危险,则可按原航向航速继续航行;若考虑大风浪将对船舶按原航向航速航行构成威胁,则应采取绕航或停航避风等措施。由于大风浪对船舶所能造成的危害存在着许多不确定性,同时,目前天气预报的准确率也不能达到100%,这样,就产生了一个安全与效益的矛盾的问题。若按原航向航速继续航行,则大风浪可能给船舶带来危害,以至产生灾难性后果;而为了避开可能的危险采取绕航或停航避风,则可能会因增加航程和航行时间,带来经济上的额外费用损失。因此,如何科学地选择大风浪中船舶的航行方案,有效地解决安全与效益间的矛盾,是船舶管理部门和驾驶人员迫切希望能够早日解决的一个问题。

1 气象—经济决策理论简介

气象—经济决策理论是一门综合考虑了天气科学和运筹学两方面的交叉学科。自20世纪80年代以来,前苏联、美、日、英、法等国的学者做了大量研究工作,其中涉及到气象信息质量分析、分类预报、概率预报决策模式、多个预报的最优综合决策模式和多阶段动态决策迭代模式的多方面^[1]。

气象—经济决策方法可以对天气预报产品进行更加科学、有效的使用,充分利用天气预报产品所提供的信息,达到科学决策、提高经济效益的目的。根据美国学者的计算,美国各经济部门根据气象—经济决策原理改进预报方法所获得的潜在经济效益,与提高预报准确率所获得的经济效益大致相当。由于提高预报的准确率显然比改进预报使用方法所花的代价要大得多,因此,改进预报使用方法比提高预报准确率要合算得多^[2]。

气象—经济决策的基本原则可从下面例子中看出^[3]:若某个坏天气出现的预报概率为 p ,某生产部门对这一不利天气采取预防措施的费用为 C ,而不采取预防措施将遭受不可避免的经济损失为 L ,则有以下决策判据:

$p > C/L$ 时,防; $p = C/L$ 时,可防可不防; $p < C/L$ 时,不防。

2 大风浪中船舶航线选择的气象—经济决策所需的数据

为进行大风浪中船舶航线选择的气象—经济决策,必须具备反映气象预报准确率和航运经济效率或损失两方面的数据。假设未来大风浪状况的集合为 $\Theta = \{\theta_j | j = 1, 2, L, n\}$,其中 $\theta_1, \theta_2, L, \theta_n$ 对应于不同的风浪状况;船舶管理者所能采取的一切航行方案的集合为 $D = \{d_i | i = 1, 2, L, m\}$ 。这样,就可以建立一个函数

$$u_{ij} = u(\theta_j, d_i), i = 1, 2, L, m; j = 1, 2, L, n.$$

此函数称为决策的损失函数。 u_{ij} 表示当风浪状况为 θ_j 时,由于船舶管理人员采取了 d_i 决策而造成的经济损失。船舶在大风浪中航行时的损失矩阵,可通过对航运部门多年实际生产的历史统计记录资料得到。

另一方面,由于目前的天气预报不可能达到100%的准确率,因此,常会发生实际出现的大风等级与预报大风等级不相符合的情况。为了掌握气象部门对大风浪的预报准确率,可通过对气象部门较长时间内大风浪预报与实况的对比统计,得到预报与实况的联合概率列联表,即所谓共轭矩阵。

3 最优气象—经济决策策略的获得方法

当我们得到表示气象参数的共轭矩阵和表示经济参数的损失矩阵后,就可以按照气象—经济决策的基本原则来建立大风浪中航线选择的气象—经济决策模型。由于天气预报的不准确性,完全相信天气预报并不总是最佳策略,因此,为了获得最佳策略,在船舶管理人员得到大风浪预报 π_j 后,可以按照另一大风浪状态 θ_i 采取决策。

在预报大风浪状态为 π_j 时,采取决策 d_i 的期望损失为

$$E(d_i/\pi_j) = \sum_{k=1}^n u_{ij} P_{i,j} \quad i=1,2,\dots,m; \quad j=1,2,\dots,l$$

其中, $P_{i,j}=P_{ij}/P_{\cdot j}$ 表示在预报大风浪等级为 π_j ,而实际大风浪等级为 θ_i 时的条件频率,其中 $P_{i,j}$ 是 π_j 与 θ_i 的联合概率分布, $P_{\cdot j}$ 是 π_j 的边缘分布,即

$$P_{\cdot j} = \sum_{i=1}^n P_{ij} \quad j=1,2,\dots,l$$

从 $E(d_1/\pi), E(d_2/\pi), \dots, E(d_m/\pi)$ 中选取最小值,此时相应的决策即是所要求的最优利用天气预报的策略。

4 实例分析

本文以中—日航线上客滚班轮为例,对其在冬季大风浪中返回途中,穿越黄海时一段航程情况进行分析。

4.1 航线情况

该轮在冬季穿越黄海时,有以下几个可选的航行方案。

A 正常情况下的计划航线航行。一般在预报该海区最大风力小于8级时使用。

B 北上避风绕航。北上途中,在 $35^{\circ}55'.0N/125^{\circ}39'.0E$ 处改向为 294° ,驶向成山头转向点,此方案一般在预报该海区最大风力为8级时使用。

C 习惯的北上避风绕航方案。如果偏北风较大,会在每勿水道上取一个转向点: $34^{\circ}24'.6N/125^{\circ}39'.0E$,改航向为 000° ,北上至朝鲜半岛西岸的格列飞群岛南部: $36^{\circ}32'.6N/125^{\circ}39'.0E$,再改向为 294° ,直至成山头转向点: $37^{\circ}30'.0N/122^{\circ}50'.0E$ 。

此航法较计划航线,即从红岛、大黑山航向 325° 直达成山头,多走40多海里,但由于从朝鲜西海岸较浅水域偏顶风航行,在一定程度上避开了黄海中部深水区的近横浪,船舶所受风浪冲击的强度得到了减轻。此方案一般在预报该海区最大风力大于8级时使用。

4.2 当日气象海浪预报情况

针对上述船舶航运过程中的实际情况,选取了2002年12月9日该轮自日本返航途中的实际资料。当气象部门预报黄海中部和北部为偏北风,风力8~9级。日本气象厅发布的2002年12月9日0000世界时海浪预报图和三个航行方案见图1。

4.3 船舶费用损失矩阵的确定

考虑到船舶本身的经济价值十分巨大,一旦发生船沉或全损事故,则采取任何措施所引发的费用均不足以与之相比,因此,对于航行方案是否会有过大的风险,则将使用风险评估的方法进行事先估计^[4],对那些有过大风险的航行方案,将不予考虑。实际上,本模型中所考虑的船方损失,仅是不发生意外事故的前提下,因在大风浪中航行时采取的减速、绕航、停航避风等措施而引起的燃油损失和船期损失,在此称为非意外事故性损失。

根据对该轮以上两方面实际损失情况历史记录资料的统计,得到该轮在不同等级的大风浪中的失速、油耗等情况,见图2、3。以此为依据,参考当日气象部门所作大风浪预报,可得到该轮在该段航路上选取不同航行方案而实际出现不同等级大风浪时,所需要的时间和所耗用燃油量。将此数据与无风浪时此航线所用时间和燃油量相减,即可得到各方案在不同风浪条件下多花费的时间和燃油。按目前该类班轮的市场租价8000美元/天,换成333.3美元/时,目前日本380燃油的市场价为195美元/吨,即可得到多花费的金额,可得到所需的费用损失矩阵。

4.4 共轭矩阵的确定

通过对我国负责黄海中部、北部海区天气海浪情况预报的大连气象台多年的大风预报准确率的统计,得到了

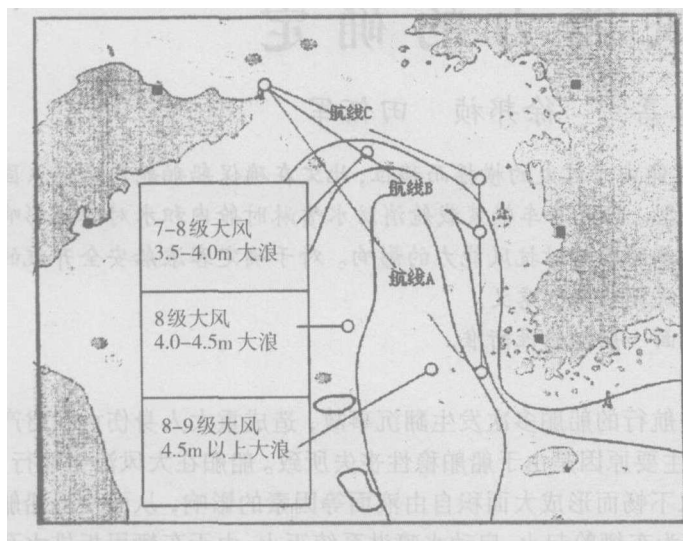


图1 2002年12月9日0000时海浪预报图和三个航行方案

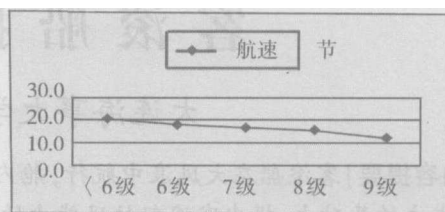


图2 所选船舶在不同等级的大风浪中的失速曲线

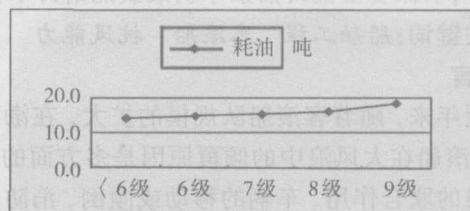


图3 所选船舶在不同等级的大风浪中的油耗曲线

大风预报与大风实况的联合概率列联表,即共轭矩阵^[5]。

4.5 计算结果分析

将损失矩阵与共轭矩阵相乘,得到乘积矩阵,见表3。

从乘积矩阵中可以看出,当预报该海区最大风力<8级或为8级时,采取A方案,即不采取绕航措施损失最小;当预报该海区最大风力>8级时,采取B方案,做一定的绕航,将8~9级大风区和4.5m以上大浪区避开,可将经济上的损失降到最低限度。

当天该海区预报最大风力8~9级,最大浪高4.5m以上,因此采取B方案损失最小。与实际航行情况相比,船舶最终采取的航行方案与本方法所计算出的结果基本一致。

5 结论

(1)在大风浪中进行航线选择时,使用气象—经济决策理论可以更加充分有效地利用天气预报产品所提供的信息,使决策过程更加科学,使经济损失降到最低程度。

(2)使用气象—经济决策理论进行大风浪中的航线选择时,要事先对相关海区的大风浪预报准确率进行统计,以得到反映气象部门所做的大风浪预报与实况之间关系的共轭矩阵。同时还要对相关船舶在大风浪中航行时的失速和油耗资料进行统计调查,以得出反映船舶在大风浪中航行时所发生的不事故性额外费用的损失矩阵。

(3)本文提出的大风浪中航线选择的气象—经济决策方法,仅考虑那些经过事先的风险评估之后,能够确保不会发生事故,或发生事故的可能性非常小的各种航行方案,从经济费用方面损失最小的角度加以选择。

(4)利用本方法所做的实例计算结果基本与船公司的管理人员及船舶驾驶人员经过多年航行实践摸索出的最佳航法相符,有一定的理论意义和使用价值。

表1 费用损失矩阵

方案	实况最大风力		
	<8级	8级	>8级
A	834	1284	2655
B	1618	1738	2155
C	2152	2186	2378

表2 共轭矩阵

实况	预报最大风力		
	<8级	8级	>8级
<8级	0.67	0.34	0.08
8级	0.22	0.43	0.27
>8级	0.11	0.23	0.65

表3 乘积矩阵

方案	预报最大风力		
	<8级	8级	>8级
A	1133	1446	2139
B	1703	1793	1999
C	2184	2219	2308

参考文献

- 1 A. H. Murphy. Repetitive Decision Making and Value of Forecasts in the Cost - Loss Ration Situation: A Dynamic Model[J], Monthly Weather Review, 1985, 5: 16 - 22
- 2 沈长泗. 史国宁. 气象信息与最优经济决策导论[M]. 北京:气象出版社, 1997. 1 - 3
- 3 史国宁. 概率天气预报的兴起及其社会经济意义[J], 气象, 1996. 5: 3 - 8
- 4 刘大刚. 吴兆麟. 大风浪中航行船舶的风险估算模型框架[A]. 第二届海峡两岸航运科技学术研讨会论文集[M]. 大连海事大学出版社. 2003
- 5 刘大刚. 李志华. 大风风力预报准确率的统计特征分析[J]. 大连海事大学学报. 2003. 29(4): 47 - 49

* 作者:刘大刚 大连海事大学航海学院 副教授 博士研究生 主要研究方向为航海气象和海上交通运输安全保障
邮编:116026 电话:13130008029/0411 - 86738882 E-mail:dgliu61@yahoo.com.cn